

ACQUISITION AND DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY IN THE "ECOBUILDING" FOR SWINE

Summary

This paper presents the project "Ecobuilding" livestock for ten sows with piglets lactating together, equipped with a liquid solar collectors, heat pumps and four geothermal wells to reduce the energy input to the reheating the animals. Energy initially charged from solar collectors, and during its surplus in the summer stored in special drilling, allows in autumn and winter re-utilization and thus no use of electricity of traditional origin. Heating 10 slots piglets by traditional infrared radiators (175 W) consumes 42 kWh/day, (7644 kWh/year) of electricity. Assuming that the power unit of roof of "Ecobuilding" $q = 670 \text{ W/m}^2$, we can gain 293.62 kWh/day (107 171.3 kWh/year) taking into account demand of installations and heat pumps at around 3640 kWh/year.

Key words: pig breeding; suckling sows; piglets; livestock buildings; solar collector; infrared radiant heaters; electric energy; thermal energy

POZYSKIWANIE I ZAGOSPODAROWANIE ENERGII ODNAWIALNEJ W „EKOBUDYNKU” DLA TRZODY CHLEWNEJ

Streszczenie

Przedstawiono projekt „Ekobudynku” inwentarskiego dla dziesięciu loch karmiących wraz z prosiętami, wyposażonego w cieczowe kolektory słoneczne, pompę ciepła oraz cztery odwierty geotermalne w celu redukcji nakładów energetycznych na dogrzewanie zwierząt. Energia wstępnie pobierana z kolektorów słonecznych, a w okresie jej nadwyżek w okresie letnim magazynowana w specjalnych odwiertach, pozwala w okresie jesienno-zimowym na ponowne jej wykorzystanie, a tym samym rezygnację z energii elektrycznej pochodzenia tradycyjnego. Ogrzanie 10 gniazd prosiąt tradycyjnymi promiennikami podczerwieni (175 W) pochłania 42 kWh/dzień, (7644 kWh/rok) energii elektrycznej. Uwzględniając jednostkową moc dachu „Ekobudynku” $q = 670 \text{ W/m}^2$, można pozyskać 293,62 kWh/dzień (107 171,3 kWh/rok) uwzględniając zapotrzebowanie własne instalacji i pompy ciepła na poziomie ok. 3640 kWh/rok.

Słowa kluczowe: chów trzody chlewnej; lochy karmiące; prosięta; budynek inwentarski; kolektor słoneczny; promienniki podczerwieni; energia elektryczna; energia cieplna

1. Wstęp

Produkcja rolnicza wymaga dużych nakładów energetycznych. Szeptycki i Wójcicki [7] prognozują zapotrzebowanie rolnictwa i wsi na bezpośrednie nośniki energii na poziomie 24% w 2020 r. Autorzy zaznaczają również, iż w rolnictwie stale wzrasta zużycie energii elektrycznej, spowodowane technologiczną i techniczną modernizacją gospodarstw. Wysokie koszty energii elektrycznej przyczyniają się do wzrostu zainteresowania pozyskiwaniem energii potrzebnej do produkcji rolniczej poprzez zastosowanie alternatywnych źródeł energii. Dreszer i in. [1] zauważają, że technologie wytwarzania energii z odnawialnych źródeł w rolnictwie są obszarem wymagającym nieustannych badań. Odnosi się to również do energooszczędnych budynków inwentarskich, które mają możliwość produkcji energii ze źródeł odnawialnych przekraczając znacznie własne zapotrzebowanie energetyczne. Autorzy szacują wykorzystanie odnawialnych źródeł energii przez rolnictwo na poziomie mniej niż 5%. Szulc i Myczko [8] podają, że produkcja rolna, a w szczególności chów zwierząt, wiąże się z wytwarzaniem ciepła, mającego wpływ na warunki mikroklimatyczne w budynkach inwentarskich oraz decydującego o dobrostanie zwierząt i efektach produkcyjnych. Myczko i in. [2] stwierdzają, iż ze względu na wysokie ceny tradycyjnych nośników energii oraz coraz bardziej przystępny koszt technicznych środków do uzyskiwania i przechowy-

wania energii cieplnej wzrasta zainteresowanie odnawialnymi źródłami ciepła użytkowego.

Według Nawrockiego [4] szczególnie duże zapotrzebowanie na ciepło obserwuje się przy produkcji trzody chlewnej. Trzoda chlewna to zwierzęta gospodarskie o wyjątkowych wymogach zoohigienicznych. Jak podaje Wolski [10], wpływ mikroklimatu w budynku inwentarskim na efekty produkcyjne szacuje się na poziomie 20-30%. Romaniuk i Overby [6] podkreślają, iż istnieje konieczność zastępowania tradycyjnych metod ogrzewania (węgiel, gaz, olej) tańszymi nośnikami energii cieplnej, zwłaszcza tam, gdzie występuje jej duże zużycie, np. przy ogrzewaniu nowonarodzonych prosiąt. Stosowanie odpowiednich systemów wyposażenia wpływa na ograniczenie kosztów związanych z produkcją trzody chlewnej.

Zdaniem Nawrockiego [4] ostatnie lata pokazują, że nastąpił postęp w praktycznym korzystaniu zintegrowanych systemów energetycznych, które łączą ze sobą różne źródła odnawialne oraz odnawialne i tradycyjne źródła energetyczne (np. w systemie kolektor słoneczny – pompa ciepła). Nawrocki i in. [3] podają również, że pompa ciepła stanowi bardzo wydajne źródło energii niekonwencjonalnej, może osiągnąć współczynnik efektywności (COP) od ok. 4,2 do 4,8. Romaniuk i Overby [6] zauważają ponadto, że w takim układzie pozyskiwania ciepła do ogrzewania budynku inwentarskiego, najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie ogrzewania podłogowego w kojcach dla zwie-

rzut. Pozwala ono na znaczne obniżenie kosztów poniesionych na ogrzewanie, a także poprawia mikroklimat w budynku przez zapewnienie ciepła w strefie legowiskowej.

Dotychczasowe rezultaty badań w zakresie stosowania zintegrowanych układów pozyskiwania energii cieplnej, niezbędnej przy produkcji zwierzęcej, nie dostarczają w pełni kompleksowej wiedzy o efektywności takich rozwiązań zastosowanych w budownictwie inwentarskim. Celowe i uzasadnione jest podjęcie badań eksploatacyjnych w celu określenia wydajności nowych systemów pozyskiwania ciepła – „dachu energetycznego” współpracującego z pompą ciepła i porównanie do tradycyjnych metod ogrzewania stosowanych przy produkcji trzody chlewnej. Projekt i wykonanie prototypowej instalacji, wstępne pomiary odzysku ciepła w „Ekobudynku” oraz bilans energetyczny podłoga jako akumulatora nadwyżek ciepła pozyskanego przez cieczowy kolektor słoneczny przeprowadzono w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym (dawniej IBMER) w 2009 roku [5].

2. Cel i zakres badań

Na podstawie analizy przeprowadzonych wcześniej badań, opisanych w dostępnej literaturze, sformułowano następujące problemy badawcze:

1. Określenie ilości pozyskiwanego ciepła „Ekobudynku” i nakładów energetycznych przy chowie trzody chlewnej.
2. Określenie ilości ciepła pozyskanego z cieczowych kolektorów słonecznych oraz odwiertów geotermalnych i możliwości wykorzystania go do dogrzewania dziesięciu kójców prosiąt.
3. Ocena poprawności działania systemu urządzeń: pompa ciepła, kolektory, odwiert geotermalne.
4. Przeprowadzenie analizy porównawczej nakładów energetycznych i ekonomicznych zastosowanego niekonwencjonalnego rozwiązania wykorzystania energii odnawialnej wobec dotychczas stosowanych systemów tradycyjnych.

Badaniami objęto budynek o powierzchni 72 m² z przeznaczeniem dla loch z dogrzewanymi prosiętami. Badania prowadzono w okresie 1 roku, uwzględniając wszystkie pory roku i warunki pogodowe.

3. Stanowisko i metodyka badawcza

Główne stanowisko badawcze stanowił „Ekobudynek” (rys. 1) z dwuspadowym dachem o kącie nachylenia 25°, będący jednocześnie cieczowym kolektorem słonecznym o łącznej powierzchni ok. 83 m².



Rys. 1. „Ekobudynek” w ITP – Oddział w Poznaniu (fot. R. Szulc)

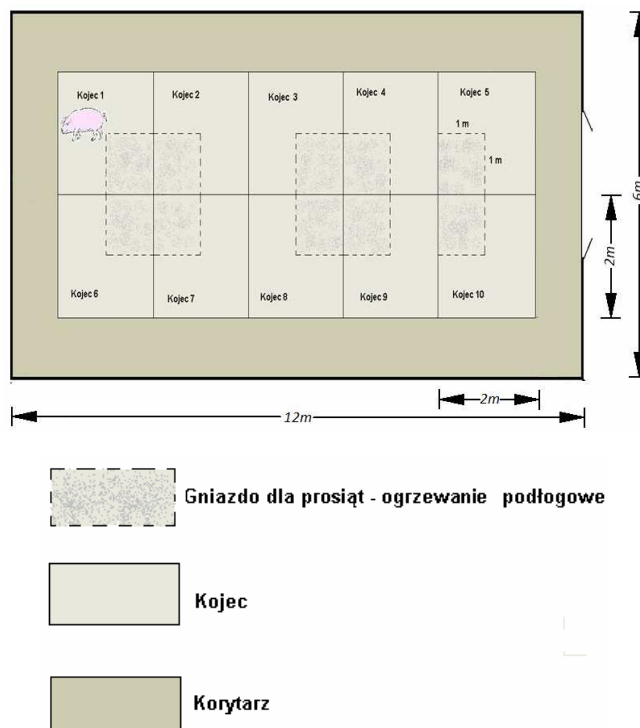
Fig. 1. „Ecobuilding” in ITP – Poznań Branch (photo R. Szulc)

Budynek wyposażony był w pompę ciepła Vitocall 200 firmy Viessmann (rys. 2) o mocy 8 kW, zasobnik ciepłej wody o pojemności 200 dm³, oraz dwa odwierty geotermalne o głębokości 70 m każdy. Instalacja budynku umożliwiała pozyskiwanie ciepła z cieczowych kolektorów słonecznych i bieżące wykorzystanie go do podgrzewania wody użytkowej, ale także „zrzut” nadwyżki pozyskanego ciepła do złoża w celu zakumulowania go i dalszego wykorzystania w okresie niedoboru ciepła. Wewnątrz budynku przewidziano umieszczenie 10 kójców dla loch z prosiętami wraz z pełnym wyposażeniem (poidła, karmidła, gniazda dla prosiąt) utrzymywanych w systemie ściółkowym (rys. 3).



Rys. 2. Pompa ciepła oraz instalacja do odzysku ciepła w „Ekobudynku” (fot. R. Szulc)

Fig. 2. The heat pump and heat recovery installation for the “Ecobuilding” (photo R. Szulc)



Rys. 3. Rzut poziomy „Ekobudynku” z projektem kójców dla loch i obszarem dogrzewania podłogowego prosiąt

Fig. 3. Ground plan of “Ecobuilding” with the project of pens for sows and piglets' floor area of reheating

Badania przeprowadzono za pomocą zainstalowanej w „Ekobudynku” aparatury pomiarowej, składającej się z liczników czynnej energii elektrycznej, ciepłomierzy i termometrów, umożliwiających kontrolę podstawowych parametrów pracy stanowiska, tj. ilość pozyskanego ciepła, zużycie energii elektrycznej na zasilanie pomp, temperaturę otoczenia i temperaturę wewnątrz gniazd prosiąt. Wartości wskazań aparatury pomiarowej spisano ręcznie (codziennie o tej samej porze) i umieszczano w specjalnie przygotowanych tabelach, a następnie poddano analizie w arkuszu kalkulacyjnym Excel.

4. Wyniki badań

Przeprowadzono bilans energetyczny uwzględniający różnice w nakładach energetycznych w przypadku standardowego systemu utrzymania loch karmiących oraz z wykorzystaniem odzysku ciepła i wykorzystania go do podgrzewania gniazda prosiąt. Badano pomieszczenie z dziesięcioma kojcami dla loch karmiących i prosiąt oraz dwa podstawowe źródła energii do oświetlenia pomieszczenia oraz dogrzewania prosiąt.

4.1. Nakłady energii w tradycyjnym pomieszczeniu inwentarskim bez "eko-rozwiązań"

W tradycyjnym pomieszczeniu inwentarskim zastosowano następujące źródła energii:

1. Oświetlenie pomieszczenia – 6 żarówek o mocy 40 W. Przy użyciu lamp w czasie 8 h dziennie, zużycie energii wynosiło 1,92 kWh/dzień. Daje to roczne zużycie energii na oświetlenie 700,8 kWh/rok (2522,9 MJ/rok).
2. Ogrzewanie gniazd prosiąt – tradycyjne promienniki podczerwieni w ilości 10 żarówek o mocy 175 W. Uwzględniając konieczność 24-godzinne podgrzewania prosiąt, zużycie energii elektrycznej wynosiło 42 kWh/dzień, co w roku daje zużycie rzędu 7644 kWh (27518,4 MJ/rok). Z uwagi na specyfikę chowu świń i zastosowaną technologię obliczenia obejmowały tylko sześciomiesięczny okres eksploatacji lamp promiennikowych w kojcach.

4.2. Nakłady energii w pomieszczeniu inwentarskim z "eko-rozwiązaniem"

W przypadku prowadzenia chowu grupy dziesięciu loch z prosiętami w „Ekobudynku” i zastosowaniu instalacji do wykorzystania pozyskanego ciepła, nakłady energii obejmowały:

- oświetlenie pomieszczenia – 700,8 kWh/rok,
- podłogowe dogrzewanie prosiąt z wykorzystaniem ciepła uzyskanego z dachu energetycznego.

Uwzględniając jednostkową moc dachu energetycznego (kolektora słonecznego) na poziomie $q = 670 \text{ W/m}^2$ [9], całkowita moc dachu „Ekobudynku” wynosi 55,61 kW. Zakładając sześciogodzinny czas najefektywniejszej pracy kolektora słonecznego uzyskano energię rzędu 333,66 kWh/dzień (1201,2 MJ). Uwzględniając straty na poziomie $h = 12\%$, otrzymano rzeczywistą moc dachu energetycznego 48,94 kW oraz 293,62 kWh/dzień energii cieplnej. W skali roku uzyskano 107 171,3 kWh/rok (385816,68 MJ/rok) (tab. 1). Zastosowany system grzewczy „Ekobudynku” z wykorzystaniem pompy ciepła o współczynniku efektywności (COP) ok. 4,0 pracujący w układzie gli-

kol/woda, podgrzewa wodę użytkową w zbiorniku buforowym do temperatury 55°C.

Tab. 1. Parametry energetyczne dachu „Ekobudynku”
Table 1. Energy parameters of "Ecobuilding" 's roof

Moc dachu „Ekobudynku”		Ilość pozyskanego ciepła	
Jednostkowa W/m ²	Całkowita kW	Dzienna kWh/dzień	Roczna kWh/rok
670,0	48,94	293,62	107 171,30

Źródło: Opracowanie własne / Source: own work

Zakładając, że pompa ciepła na potrzeby własne wymaga ok. 2,0 kW mocy elektrycznej, pracując ok. 7-10 h/dobę przez okres ok. 6 miesięcy w ciągu roku, całkowite nakłady energii elektrycznej wynoszą 3640 kWh/rok. Szeptycki i Wójcicki [7] podają, że zużycie energii na ogrzewanie podłogowe w porodówce dla trzody chlewnej wynosi 354 kWh/stanowisko na rok (tab. 2).

Tab. 2. Nakłady energii elektrycznej w budynku inwentarskim z tradycyjnym i niekonwencjonalnym źródłem ciepła
Table 2. Energy expenditure in livestock buildings with traditional and unconventional source of heat

Rodzaj wybranych nakładów	Zapotrzebowanie na energię			
	System tradycyjny		„Ekobudynek”	
	Dzienne kWh /dzień	Roczne kWh/rok	Dzienne kWh /dzień	Roczne kWh/rok
Ogrzewanie	42,0	7644,0	20,0	3640,0
Oświetlenie	1,92	700,8	1,92	700,8
Razem	43,92	8344,8	21,92	4340,8

Źródło: Opracowanie własne / Source: own work

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że zapotrzebowanie energetyczne niezbędne do ogrzania gniazd prosiąt w dziesięciu kojcach jest niższe wobec możliwości pozyskania ciepła z dachu wyposażonego w kolektor słoneczny. Zatem słuszne wydaje się wykorzystanie do podgrzewania prosiąt ciepła pochodzącego tylko z kolektora z ominięciem poboru ciepła z odwiertów gruntowych. Jednak nadmiar pozyskanego ciepła z kolektora należy skierować do odwiertów w celu późniejszego wykorzystania go w okresie zimowym. Poza tym trzeba pamiętać, że nadmiar tego ciepła należy bezwzględnie odprowadzić do gruntu z powodu konieczności naturalnego i bieżącego ochładzania instalacji kolektorów, gdyż w przypadku nieodpowiedniego zbilansowania ilości ciepła może dojść do poważnych zakłóceń w prawidłowym działaniu kolektora lub nawet jego uszkodzenie.

Wolski [10] podaje, że podczas wytwarzania 1 kWh energii elektrycznej metodami standardowymi, czyli przy m.in. spalaniu węgla kamiennego, następuje emisja CO₂ w ilości 0,98 kg. Odnosząc to do całego budynku, emisja dwutlenku węgla w przypadku rozwiązań konwencjonalnych wynosi 8,2 t/rok, natomiast w „Ekobudynku” wynosi 4,3 t/rok. Wynika z tego, że z „Ekobudynku” z dziesięcioma kojcami do atmosfery emitowane może być o 48% mniej CO₂ w ciągu roku w porównaniu z budynkiem inwentarskim, w którym nie stosuje się rozwiązań energooszczędnych.

5. Podsumowanie i wnioski

Projekt modernizacji „Ekobudynku” z zastosowaniem niekonwencjonalnych źródeł energii, wykorzystujących ciepło z cieczowych kolektorów słonecznych i kumulowane w odwiertach głębinowych, stanowi alternatywny sposób utrzymania trzody chlewnej i dogrzewania gniazd prosiąt. Po przeprowadzeniu analizy energetycznej pomiędzy zapotrzebowaniem na energię elektryczną w trakcie tradycyjnego dogrzewania prosiąt promiennikami podczerwieni (7644 kWh/rok) a możliwością pozyskania ciepła z wykorzystaniem 83 m² cieczowego kolektora słonecznego oraz odwiertów do kumulacji ciepła, uwzględniając własne zapotrzebowanie energetyczne na pracę pompy ciepła i pozostałej instalacji (ok. 3640 kWh/rok), okazało się, że system niekonwencjonalnego dogrzewania (doliczając tylko nakłady na eksploatację urządzeń i związane z tym koszty) jest korzystniejszy. W analizie, na tym etapie badań, nie brano pod uwagę kosztów inwestycyjnych oraz utrzymania instalacji.

W wyniku przeprowadzonej analizy i projektu zaadaptowania „Ekobudynku” na cele chowu loch z prosiętami sformułowano na opisanym etapie i zakresie badań następujące wnioski i spostrzeżenia:

1. Zapotrzebowanie energetyczne na dogrzewanie dziesięciu kociąt loch z prosiętami z wykorzystaniem tradycyjnych promienników podczerwieni wynosi 42 kWh/dzień i 7644 kWh/rok.
2. Całkowita moc cieczowego kolektora słonecznego na dachu „Ekobudynku” wynosi 48,94 kW, co pozwala na uzyskanie energii w ilości 293,62 kWh/dzień i 107171,3 kWh/rok.
3. Nakłady energii elektrycznej niezbędne do pracy pompy ciepła i całej instalacji do pozyskiwania energii w „Ekobudynku” wynoszą ok 3640 kWh/rok, co daje po zbilansowaniu 103 513,3 kWh/rok.
4. Pozyskanie ciepła z kolektora słonecznego i odwiertów geotermalnych wielokrotnie przewyższa zapotrzebowanie prototypowego pomieszczenia.
5. Konieczne jest przeprowadzenie analizy ekonomicznej

obejmującej całkowite koszty utrzymania i użytkowania niekonwencjonalnego systemu pozyskiwania ciepła oraz metody tradycyjnej.

6. Niezbędne jest przeprowadzenie dalszych badań polegających na wyłączeniu odwiertów geotermalnych i wykorzystania tylko bieżącego ciepła pozyskiwanego z cieczowego kolektora słonecznego (np. do podgrzewania kociąt).

6. Bibliografia

- [1] Dreszer K., Michałek R., Roszkowski A.: Energia odnawialna – możliwości jej pozyskiwania i wykorzystania w rolnictwie. Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Warszawa, 2003: 13–27.
- [2] Myczko A., Karłowski J., Kołodziejczyk T.: Ocena systemu odzyskania ciepła generowanego w budynku inwentarskim. Problemy Inżynierii Rolniczej, 2006, nr 2: 99–106.
- [3] Nawrocki L., Myczko A., Kanikowski J.: Pompa ciepła na głębokiej ściółce. Trzoda chlewna, 1999, nr 6: 105–108.
- [4] Nawrocki L.: Wpływ odzyskiwania energii cieplnej z głębokiej ściółki na kształtowanie mikroklimatu w chlewni. Rozprawa habilitacyjna. Inżynieria Rolnicza, 2003, nr 6 (48) Warszawa: 188.
- [5] Pawlak S., Winnicki S., Rzeźnik W.: Zintegrowany system wykorzystania energii generowanej w eko-budynku wyposażonym w układy podaży ciepła ze źródeł niskotemperaturowych. IBMER, Poznań, ZTPZ, 2009, Sygn. W–1276.
- [6] Romaniuk W., Overby T.: Systemy utrzymania świń. Poradnik. Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Duńskie Służby Doradztwa Rolniczego, Poznań, 2005, ss. 127.
- [7] Szeptycki A., Wójcicki Z.: Prognoza wykorzystania energii elektrycznej w rolnictwie i na pozostałych obszarach wiejskich. Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa, 2003, ss. 10.
- [8] Szulc R., Myczko A.: Dach energetyczny jako niekonwencjonalne źródło ciepła w gospodarstwie rolnym. Infrastruktura i technika w zrównoważonym rozwoju rolnictwa. Instytut Budownictwa Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa, 2005: 101-106.
- [9] Szulc R., Myczko A.: Wstępne schładzanie udojonego mleka a redukcja emisji dwutlenku węgla. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2010, Vol. 55(2): 94–96.
- [10] Wolski L.: Mikroklimat w budynku inwentarskim. Warszawa: PWN, 1988.